

GLYCYMERIS KAGYLÓHÉJAK SZKLEROKRONOLÓGIAI VIZSGÁLATA AZ ÉSZAK-ATLANTI-ÓCEÁN SZUBTRÓPUSI ZÓNÁJÁBÓL

TÉZISFÜZET

NÉMETH ALEXANDRA



Témavezető: Demény Attila, PhD

Konzulens: Kern Zoltán, PhD

Földtudományi Doktori Iskola

A doktori iskola vezetője: Dr. Bartholy Judit

Földtan-Geofizika Doktori Program

Programvezető: Dr. Harangi Szabolcs

MTA ATOMKI-IKER

2019

BEVEZETÉS

Egyre több ismerettel rendelkezünk az emberi történelem során bekövetkezett klímaváltozásokról, amióta a hatvanas években elkezdődtek a fiatal óceáni üledéksorokat feltáró fúrások. A jégfuratokból összeállított hőmérsékleti rekonstrukciók több százezer évet fednek le, míg szárazföldi hőmérsékleti és környezeti rekonstrukciók is egyre nagyobb számban érhetőek el. Egy-egy proxy azonban általában csupán egy-egy évszak adott környezeti paraméteréről biztosít információt. Például a dendrokronológiai rekonstrukciók a fák növekedési időszakáról szolgáltatnak adatokat, amit általában nyári hőmérsékletként vagy szezonális csapadékmennyiségként lehet értelmezni. A varvok vastagságát gyakran a csapadékos időszak intenzitása szabja meg, a cseppkövek karbonátjából nyert stabilizotópos adatsorok is jellemzően csak a megfelelően intenzív csepegés időszakáról biztosítanak klimatológiai információt. A hőmérséklet és egyéb környezeti változók teljes szezonális változását ezek a proxik nem rögzítik. Emellett fontos szempont a területi inhomogenitás is, amit számos lelőhely azonos korú képződményeinek elemzésével tárhatunk fel.

A paleoklimatológiai kutatás egyik ága a szklerokronológia, mely a környezetükre érzékeny élőlények szilárd vázainak növekedését vizsgálja. Számos élőlény az őt limitáló környezeti paraméterek (pl. hőmérséklet, tápanyag-utánpótlás) szezonális változását tükröző ütemben növeszti a vázát. Ennek megfelelően, ha egy növekedési ciklus alatt az átlagosnál kedvezőbb/kedvezőtlenebb körülmények uralkodtak, az ebben az időszakban növesztett egység a vázban szélesebb/keskenyebb lesz az átlagnál. Ez a jelenség különösen jellemző a molluszkákra, ám halak hallócsontjában is megfigyelték (Kern et al., 2017)

Ha feltételezzük, hogy egy adott élőhelyen egyazon kagylófaj hosszú élettartamú egyedei hasonlóan reagálnak ugyanarra a környezeti változásra, akkor a héjakban lemérhető éves növedékek szélességének változását összehasonlítva, keresztdatálással össze lehet kapcsolni a recens és régóta elhagyott héjakat. Ezzel a módszerrel akár több száz évet felölelő kronológiák is létrehozhatóak, melyek a kagylók növekedése szempontjából fontos környezeti paraméterek változását tükrözhetik (Butler et al. 2013). Ezt különféle geokémiai vizsgálatokkal (stabilizotóp- és nyomelem-összetételek) kiegészítve még részletesebb képet

kaphatunk az adott élőlény környezetében végbement kémiai és fizikai változásokról, akár évszakai felbontással is (Mette et al. 2016).

Általánosan elfogadott, hogy a legtöbb olyan kagylófaj, mely a mérsékelt öv és főleg a poláris zóna tengereiben él jellemzően jelentős élethosszú, gyakran nem lelhető fel vagy jóval rövidebb életű a szubtrópusokon. Részben ennek is köszönhető, hogy az Atlanti-óceán északi régiói felülreprezentáltak szklerokronológiai vizsgálatok és paleohőmérséklet rekonstrukciók szempontjából a szubtrópusi régiókhoz képest (Moss et al., 2016). Ez azonban nem csak az északi elterjedésű fajokkal van így, hanem a Glycymeris-szel is, mely egy, a szubpoláris területektől egészen a trópusokig elterjedt genus. A Nyugat-Európa partvidékén vizsgált példányokról korábban bebizonyosodott, hogy több mint kétszáz évig is élhetnek, és az éves növedékeik szélességének változása a tavaszi-nyári vízfelszín hőmérséklet alakulását tükrözi, legalábbis a mérsékelt övi területeken (Reynolds et al. 2013). A genus széleskörű elterjedése lehetőséget adna felhasználására az Észak-Atlanti-óceán szubtrópusi zónájából is.

Jelen doktori kutatás célja annak feltárása volt, hogy használható-e a Glycymeris genus hasonló rekonstrukciókra a szubtrópusi zónában. Eddig nem volt ismert, hogy ezeken a területeken ugyanaz az összefüggés áll-e fent a kagylók növekedései üteme és környezeti paraméterek között, mint a mérsékelt övi területeken. Ilyen kérdés például, hogy mindenhol télen keletkezik-e a növekedési vonal, más-e az a hőmérsékleti minimum, amely alatt a kagylók nem nőnek? Változik-e annak az időszaknak a hossza, amikor a kagylók nem növekednek, és aminek a hőmérséklete nem rekonstruálható a héjból stabilizotóp-geokémiai módszerekkel? Rekonstruálható-e az éves minimum hőmérséklet a héjból olyan zónákban, ahol a tengervíz hőmérséklete nem csökken a faj korábban megfigyelt növekedési limitje alá (Royer et al., 2013)?

A Glycymeris kagylóhéjak stabilizotóp-geokémiai vizsgálata a hagyományos proxikkal ellentétben szezonális felbontással biztosíthat adatokat tengervíz hőmérsékletéről, így jóval árnyaltabb képet adhat egy adott földtörténeti időszakra jellemző klímáról. Emiatt oligocén (Walliser et al., 2015) illetve pleisztocén (Crippa et al., 2016) üledékekből gyűjtött Glycymeris héjakon már történtek szklerokronológiai vizsgálatok és hőmérsékleti rekonstrukciók, az eredmények értelmezéséhez recens analógiaként azonban csupán a mérsékelt övből állnak rendelkezésre részletes ismeretek. Az Atlanti-óceán szubtrópusi áramlási rendszerének kitett területeiről (Madeira, Portugália és Spanyolország atlanti partvidéke) gyűjtött Glycymeris sp. héjak szklerokronológiai és stabilizotóp-geokémiai

vizsgálata válaszokat adhat a fent megfogalmazott kérdésekre, így jóval részletesebb recens analógiát biztosíthatunk a jövőbeli paleoklimatológiai kutatások számára.

Az doktori dolgozatom első felében recens kagylók héjából rekonstruált környezeti változásokat műszeres, vagy modellezett eredményekkel összevetve kerestem a választ a fent megfogalmazott kérdésekre. A második felében a recens kagylók vizsgálatából nyert új ismereteket hasznosítottam római- és népvándorlás kori héjakra alapuló paleokörnyezeti rekonstrukciókhoz.

A kilencvenes évek óta a római kor és a népvándorlás kora között bekövetkezett „klímaromlásról” 2016-ig összesen 114 tanulmány jelent meg, túlnyomó részük (71) a népvándorlás korát hűvös időszakként definiálta (Helama et al., 2017). Ennek ellenére egyre több arra utaló új eredmény születik, hogy a népvándorlás korára feltételezett lehűlés nem egy globális esemény volt. A kagylókra épülő adatsorokhoz hasonlóan a paleoklíma-rekonstrukciók is jóval nagyobb számban állnak rendelkezésre Észak-Nyugat-Európából, mint a kontinens déli részéből, ezért a népvándorlás-kori lehűlésről kialakult képet javarészt az Észak-Európából származó rekonstrukciók formálták. Az utóbbi tizenöt év során azonban egyre több olyan új adat gyűlt össze az Ibériai-partok mentén (Abrantes et al., 2017), amelyek arra utalnak, hogy Dél-Nyugat-Európában nem történt jelentős lehűlés a népvándorlás korában. Egy kisebb léptékű lehűlési esemény kimutatása azonban kihívást jelenthet a dendrokronológias módszerekkel, és a cseppköveknél rosszabb időbeli felbontást adó a nyílt tengeri üledékekből származó adatokból, amely rekordokban így rejtve maradhat a klímaesemény. Emellett Helama et al. (2017) következtetése szerint a népvándorlás-kori lehűlés részletesebb megértéséhez szezonális felbontású proxim összehasonlítására lenne szükség.

Ibériából nem csak tengeri fúrások biztosíthatnak adatokat az első évezred klímaváltozásairól: a félsziget atlanti partvidékén cunami-eredetű rétegsorokat ismert fel Gutiérrez-Mas (2011): ezek a rétegek nagyrészt az első évezredből származnak és jó megtartású Glycymeris héjakat foglalnak magukba. A kagylók eredeti sekélytengeri környezetének hőmérsékletét szklerokronológiai és stabilizotóp-geokémiai elemzésekkel rekonstruálva fény derülhetne arra, hogy valóban történt-e lehűlés a népvándorlás korában vagy valóban melegebb volt-e a késő-római korban. A szezonális felbontású adatok arról is részletes képet adhatnának, hogy a két időszakban miként alakult a tengervíz éves szezonálisitása és történt-e benne változás a népvándorlás korának kezdetén. A fenti kérdések megválaszolásához három, cunami rétegből (Kr. u. 313-648) gyűjtött Glycymeris kagyló

mintacsoportot vizsgáltam a fent említett módszerekkel egy Cadiz (Spanyolország) közelében található feltárásból

ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A doktori munkám során három helyszínről vizsgáltam Glycymeris mintacsoportokat. Madeira partjain két különböző mélységi zónából (80-90 méter és 150-160 méter között) összesen 58 héjat gyűjtött számomra 2014-ben a CIIMAR Madeira szervezet az egyik kutató hajóútjuk során. Az ibériai mintákat részben az Aveiroi Egyetem egy 2002-es gyűjtéséből (13 élve kifogott példány 30 m mélységből), részben a Cádizi Egyetem munkatársának gyűjtéséből (Rio San Pedro melletti késő-római kori és népvándorlás kori cunami üledékek feltárásból 30-30 példányt) kaptam. Az összes héjat standard szklerokronológiai módszerekkel dolgoztam fel: epoxigyantába öntve szeleteket vágtam a héjakból, melyeknek egyik felét felpolíroztam és Mutvei-oldattal étettem, vagy acetát lenyomatokat készítettem róluk a Gutenberg Egyetem szklerokronológiai laboratóriumában (Németország), illetve az Bangori Egyetem School of Ocean Sciences intézetében (Egyesült Királyság). A preparált mintákat optikai mikroszkóppal 2-10x nagyítással vizsgáltam, hogy fény derüljön az éves növekedési vonalak helyzetére és számára. A gyűjtött példányok éves növedékeit a zárszerkezetek felületén mértem végig a legnagyobb növekedésre merőlegesen. Gyűjtési helyenként, ahol ez lehetséges volt, a különböző példányokat az éves növedékeik vastagságában megjelenő kereszt-datálható változások alapján statisztikailag robosztus növedék-kronológiákba rendeztem. A szeletek másik feléből a mikroszkópos vizsgálatra támaszkodva megfelelő példányokat választottam ki, melyeken kézi fúróval, illetve mikromillel az Exeteri Egyetem Camborn Bányászati Iskolájában (Egyesült Királyság) és a Grazi Egyetemen (Ausztria) végeztem nagy felbontású mintavételt stabil szén- és oxigénizotópos elemzésekhez. Összesen körülbelül 380 ilyen méréspár valósult meg a karbonát mintákon az MTA CSFK Földtani és Geokémiai Kutatóintézetének stabilizotóp-geokémiai laboratóriumában.

A mért oxigénizotóp értékekből a kagylók környezetének eredeti vízhőmérsékletét Grossman és Ku (1986) egyenletével rekonstruáltam.

TÉZISEK

1. Az eltérő mélységi zónákból gyűjtött madeirai *G. vanhengstumi* példányok éves növekedési rátái között tapasztalt jelentős eltérések arra utalnak, hogy a felszínhez közelebb élő példányok számára kedvezőbb feltételek voltak adottak a gyorsabb ütemű növekedéshez, mivel jobb volt a tápanyag-ellátottság. Az ezzel járó élénkebb metabolizmus gyorsabb ütemű héjnövekedést eredményezett a sekélyebb zónában.

2. A mélyebb zónából előkerült, 100 évnél idősebb példányok jelenléte arra utal, hogy nem csak latitudinális trend befolyásolja a Glycymeris kagylók életöltőjének hosszát: egy mélyebb, szubtrópusi környezet ugyanúgy biztosíthat egy boreális környezethez hasonlóan limitált életfeltételeket a kagylók számára: a rosszabb tápanyag ellátottság lassabb ütemű metabolizmust, lassabb héjnövekedést és kiugróan hosszú életöltőt eredményez.

3. Az Atlanti-óceán mérsékelt övi és poláris zónájával ellentétben a vízfelszín hőmérséklet szezonális alakulása nem limitálja a kagylók növekedését a madeirai lelőhelyen, a növekedésük üteme azonban indirekt módon függ a kora tavaszi vízfelszín hőmérséklettől. A kagylók éves növekedési rátája ebben a táplálék limitált környezetben ugyanis erősen függ a tél végi lehűlés által kiváltott átkeveredés intenzitásától, amikor a mélyebb rétegekből nutriensek keverednek fel a fotikus zónába és ennek hatására felélénkül az elsődleges produktivitás. Így a *G. vanhengstumi* éves növedékeire épülő adatsorok alkalmasak a kora tavaszi vízfelszín hőmérsékleti rekonstrukciójára ebben a régióban, ahogy azt a közöttük fennálló szignifikáns negatív korreláció is jelezi.

4. A madeirai héjak szénizotópos vizsgálatából kiderült, hogy különböző időszakokat lefedő $\delta^{13}\text{C}_{\text{ar}}$ adatsorokat összevetve jól követhető a Suess-effektus globális hatásából adódó negatív trend a kapott értékekben. Ez azt jelenti, hogy a Glycymeris kagylók héjából rekonstruálható környezetük hosszú távú szénizotóp-összetétel változása, hiszen a 45 év alatt bekövetkező legalább 0,6%-os csökkenés jól kimutatható volt az eredményekből.

5. Az Aveiro-t övező sekélytengeri környezetben januári-márciusi havi tengervízfelszín-hőmérsékletek és a kagylók éves növekedési üteme között szignifikáns pozitív korreláció áll fenn, ami arra utal, hogy a tél végi vízhőmérséklet jelentős limitáló hatással volt a kagylók teljes éves növekedésére. Az eddigi mérsékelt övön végzett tanulmányokkal ellentmondásban

a nyári vagy tavaszi vízfelszín hőmérséklet nem befolyásolta a kagylók éves növekedési ütemét.

6. A *G. glycymeris* kagylók héjának oxigénizotópos vizsgálata megfelelő eszköz lehet a tavaszi és nyári aljzati tengervíz hőmérsékleti rekonstrukciójára az Észak-Atlanti-óceán déli régióiban is, azonban a téli hőmérsékleti minimumokat nem lehetett hitelesen rekonstruálni a héjakból kifűrt karbonát oxigénizotóp-összetételéből. A Glycymeris kagylók héjnövekedése az eddig elfogadottakkal ellentétben nem csak 12,9 °C-on állhat le.

7. Az cadizi feltárás késő-római kori rétegében a $\delta^{13}\text{C}$ értékek fluktuációja kb. 0.5 ‰ volt a Glycymeris héjakban, míg a népvándorlás kori rétegében a $\delta^{13}\text{C}$ értékek változékonysága eléri az 1 ‰-et. Ez alapján arra következtethetünk, hogy az ibériai partoknál a $\delta^{13}\text{C}$ szezonális fluktuációja jóval intenzívebb volt a népvándorlás korában, mint a késő-római korban. A magasabb $\delta^{13}\text{C}$ maximumértékek oka feltételezhetően biológiai produktivitás (szezonális fitoplankton virágzás) felélénkülésében rejlik, mely a jelentős változásra utal a tengeri környezetben.

8. A kagylókból rekonstruált hőmérsékleti adatok szezonális fluktuációja ugyan jelentősen különbözik egyes példányok esetében, a rekonstruált maximális hőmérsékleti értékek azonosnak tekinthetők a késő-római és a kora-középkori rétegekben. Ez alapján nem történt jelentős, a Cádizi-öböl sekélytengeri környezetét érintő lehűlés a népvándorlás korára ellentétben az Észak-Európából rekonstruált adatokkal.

IRODALOMJEGYZÉK

ABRANTES, F., RODRIGUES, T., RUFINO, M., SALGUEIRO, E., OLIVEIRA, D., GOMES, S., OLIVEIRA, P., COSTA, A., MIL-HOMENS, M., DRAGO, T., NAUGHTON, F.: The climate of the Common Era off the Iberian Peninsula. *Climate of the Past* 13, 1901-1918.

BUTLER, P. G., WANAMAKER JR., A. D., SCOURSE, J. D., RICHARDSON, C. A., REYNOLDS, D. J. (2013): Variability in marine climate on the North Icelandic Shelf in a 1357-year proxy archive based on growth increments in the bivalve *Arctica islandica*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 373, 141–151.

CRIPPA, G., ANGIOLINI, L., BOTTINI, C., ERBA, E., FELLETTI, F., FRIGERIO, C., HENNISSEN, J. A. I., LENG, M. J., PETRIZZO, M. R., RAFFI, I., RAINERI, G., STEPHENSON M. H. (2016): Seasonality fluctuations recorded in fossil bivalves during the early Pleistocene: Implications for climate change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 446, 234–251.

GUTIÉRREZ-MAS, J. M. (2011): Glycymeris shell accumulations as indicator of recent sea-level changes and high-energy events in Cadiz Bay (SW Spain). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 92, 546-554.

GROSSMAN, E. L., KU, T.-L. (1986): Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effects. *Chemical Geology* 59, 59–74.

HELAMA, S., JONES, P. D., BRIFFA, K. R. (2017): Dark Ages Cold Period: A literature review and directions for future research. *The Holocene* 27, 1600–1606.

KERN Z., KÁZMÉR M., MÜLLER T., SPECZIÁR A., NÉMETH A., VÁCZI T. (2017): Fusiform vateritic inclusions observed in European eel (*Anguilla anguilla* L.) sagittae. *Acta Biologica Hungarica* 68, 267-278.

LAMB, H. H. (1982): Climate, history and the modern world. Boca Raton, FL, USA. Routledge.

METTE, M., WANAMAKER, A., CARROLL, L. M., AMBROSE, W. G., RETELLE, M. J. (2016): Linking large-scale climate variability with *Arctica islandica* shell growth and geochemistry in northern Norway. *Limnology and Oceanography* 61, 748–764.

MOSS, D. K., IVANY, L. C., JUDD, E. J., CUMMINGS, P. W., BEARDEN, C. E., KIM, W.-J., ARTUC, E.G., DRISCOLL, J. R. (2016): Lifespan, growth rate, and body size across latitude in marine Bivalvia, with implications for Phanerozoic evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283, 20161364.

REYNOLDS, D. J., BUTLER, P. G., WILLIAMS, S. M., SCOURSE, J. D., RICHARDSON, C. A., WANAMAKER, A. D., AUSTIN, W. E. N., CAGE, A. G. (2013): A multiproxy reconstruction of Hebridean (NW Scotland) spring sea surface temperatures between AD 1805 and 2010. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 386, 275–285.

ROYER, C., THEBAULT, J., CHAUVAUD, L., OLIVIER, F. (2013): Structural analysis and paleoenvironmental potential of dog cockle shells (*Glycymeris glycymeris*) in Brittany, northwest France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 373, 123–132.

WALLISER, E. O., SCHÖNE, B. R., TÜTKEN, T., ZIRKEL, J., GRIMM, K. I., PROSS, J. (2015): The bivalve *Glycymeris planicostalis* as a high-resolution paleoclimate archive for the Rupelian (Early Oligocene) of central Europe. *Climate of the Past* 11, 653–668.

A TÉMÁBAN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

DEMÉNY A., KERN Z., NÉMETH A., FRISIA, S., HATVANI I. G., CZUPPON GY., LEÉL-ÖSSY SZ., MOLNÁR M., ÓVÁRI M., SURÁNYI G. (2019): North Atlantic influences on climate conditions in East-Central Europe in the late Holocene reflected by flowstone compositions. *Quaternary International* 512, 99-112.

DEMÉNY, A., KERN, Z., CZUPPON, GY., NÉMETH, A., SCHÖLL-BARNA, G., SIKLÓSY, Z., LEÉL-ÖSSY, SZ., COOK, G., SERLEGI, G., BAJNÓCZI, B., SÜMEGI, P., KIRÁLY, Á., KISS, V., KULCSÁR, G., BONDÁR, M. (2019) Middle Bronze Age humidity and temperature variations, and societal changes in East-Central Europe. *Quaternary International*, 504, 80-95.

NÉMETH A., KERN Z. (2018): Sclerochronological study of a *Glycymeris vangentsumi* population from the Madeira Islands. *Frontiers in Earth Science* 6, 76.

DEMÉNY, A ; KERN, Z ; CZUPPON, GY ; NÉMETH, A ; LEÉL-ÖSSY, SZ ; SIKLÓSY, Z ; LIN, K ; HSUN-MING, H ; SHEN, CH-CH ; VENNEMANN, T W (2017). Stable isotope compositions of speleothems from the last interglacial – spatial patterns of climate fluctuations in Europe. *Quaternary Science Reviews* 161, 68-80.

KERN Z., KÁZMÉR M., MÜLLER T., SPECZIÁR A., NÉMETH A., VÁCZI T. (2017): Fusiform vateritic inclusions observed in European eel (*Anguilla anguilla* L.) sagittae. *Acta Biologica Hungarica* 68, 267-278.

DEMÉNY A., NÉMETH A., KERN Z., CZUPPON GY., MOLNÁR M., LEÉL-ÖSSY SZ., ÓVÁRI M., STIEBER J. (2017): Recently forming stalagmites from the Baradla Cave and their suitability assessment for climate-proxy relationships. *Central European Geology* 60, 1-34.

DEMÉNY A., CZUPPON GY., KERN Z., LEÉL-OSSY SZ., NÉMETH A., SZABÓ M., TÓTH M., WU, C.-C., SHEN, C.-C., MOLNÁR M. (2016): Recrystallization-induced oxygen isotope changes in inclusion-hosted water of speleothems – Paleoclimatological implications. *Quaternary International* 415, 25-32.

KERN Z., NÉMETH A., HOROSZNÉ GULYÁS M., POPA, I., LEVANIC, T., HATVANI I. G. (2016): Natural proxy records of annual temperature- and hydroclimate variability from the Carpathian-Balkan Region for the past millennium: review & recalibration. *Quaternary International* 415, 109-125.

MÎNDRESCU, M., NÉMETH, A., GRĂDINARU, I., BIHARI, I., NÉMETH, T., FEKETE, J., BOZSÓ, G., KERN, Z (2015): Bolăta sediment record – chronology, microsedimentology and potential for a high resolution multimillennial paleoenvironmental proxy archive. *Quaternary Geochronology* 32, 11-20.

KONFERENCIA KIVONATOK

NÉMETH A., KERN Z., BOCH, R. (2019): Anomalous ^{18}O -depletions of Madeiran Glycymeris growth increments – A new tool to trace meridional shifts of the Azores Front. Book of Abstracts of the 5th International Sclerochronology Conference, 16-20th June 2019 Split, Croatia.

NÉMETH A., KERN Z. (2017): Sclerochronological study of a dog cockle (*Glycymeris glycymeris* L.) population from the Madeira Islands. *Geophysical Research Abstracts* 19, Paper: EGU2017-994.

NÉMETH A., QUINTINO, V., KERN Z. (2016): Sclerochronological comparison of two dog cockle (*Glycymeris glycymeris* L.) populations from the southeastern North Atlantic. Book of Abstracts of the 4th International Sclerochronology Conference, At Portland, Maine, USA. pp. 80.

NÉMETH A., DEMÉNY A., CZUPPON GY., KERN Z., LEÉL-ÖSSY SZ., MOLNÁR M. (2016): Petrographic comparison of four recent stalagmites from Baradla Cave Hungary –

implications for the paleoclimate interpretation. *Scientific Annals of "Stefan cel Mare", University of Suceava: Geography Series* 64-66, 3.

NÉMETH A., DEMÉNY A., CZUPPON GY., LEÉL-ÖSSY SZ., SURÁNYI G., CHUAN-CHOU, S., DOBOSI G., ZÁRAY GY., ÓVÁRI M. (2015): Comparison of sedimentological processes and stable isotopic composition of a cave hosted travertine deposit (Béke Cave, NE-Hungary). In: Abstract Book of 31st IAS Meeting of Sedimentology, 22-25 June 2015, Kraków, Poland. Polish Geological Society 375, 1.

NÉMETH A., MÎNDRESCU, M., GRĂDINARU, I., BIHARI Á., FEKETE J., KERN Z. (2014): 550 years in sedimentological record from a varved type lake (Bolatau, Bukovina, NE Romania) – changing storm frequency and climate fluctuation. *Scientific Annals of "Stefan cel Mare", University of Suceava: Geography Series* 111-113, 3.